

Conjunto de técnicas de medida de la calidad y atributos de frutas

Ensayos estándar para la medida de firmeza, azúcares, ácidos y color en distintas muestras de frutas

En un reciente proyecto europeo de investigación se deseaba conocer la calidad organoléptica de las frutas en estudio para desarrollar un nuevo sensor de medida no destructiva. Para ello se midieron diversas frutas en ensayos experimentales estándar, empleando un material vegetal que fue planificado en función de los siguientes criterios:

- Cubrir un amplio rango de muestra, en cuanto a su especie vegetal, variedad y estado de madurez, para obtener la suficiente variabilidad que permitiera comprobar las posibilidades de aplicación de esta técnica a la detección de calidad interna de frutas.

- Muestrear una población con características semejantes a las que pueden ser encontradas en el mercado, ya que se ha pretendido conocer los valores de los atributos de calidad para un estado medio de madurez comercial.

De este modo se llevaron a cabo distintos periodos de ensayos experimentales en los que se hizo un muestreo a lotes de manzanas de diferentes variedades, melocotones y nectarinas, kiwis, tomates y melones de distintos tipos (tabla 1). Todos ellos fueron adquiridos en los mercados locales durante las temporadas de comercialización de cada especie vegetal. Una vez en laboratorio, los frutos fueron seleccionados de nue-

La demanda de fruta y hortaliza de calidad obliga a los profesionales de la industria y a los investigadores a realizar ensayos de laboratorio para determinar objetivamente la calidad organoléptica del producto que manejan. El empleo de un pequeño conjunto de técnicas de medida de diferentes atributos de calidad, como las que recogemos en este artículo, es suficiente para caracterizar el estado cualitativo de la fruta sobre una muestra de producto, representativa de un lote mayor.

C. Valero Ublerna, M. Ruiz Altisent.
Dpto. Ing. Rural.
Universidad Politécnica de Madrid.

vo, se eliminaron los que presentaban algún daño o desorden, y se agruparon los restantes en lotes con distintos niveles de madurez para sistematizar la toma de datos. Los lotes fueron ensayados en orden aleatorio.

Como se deseaba obtener una información lo bastante extensa sobre la calidad global de la fruta, se estimó oportuno medir un

abanico relativamente amplio de parámetros de calidad en cada fruto, para poder investigar posteriormente las relaciones entre todos ellos y su posible evolución. Así, tomando como base la experiencia investigadora del Laboratorio de Propiedades Físicas de la UPM (ver bibliografía), se decidió que los atributos de calidad más importantes a medir en las frutas a estudiar eran:

- Firmeza: cuantificada a través de diferentes ensayos mecánicos, distintos para cada especie vegetal.

- Contenido en azúcares estimado mediante refractometría, que proporciona el índice de sólidos solubles de su zumo.

- Contenido en ácidos: estimado mediante la valoración de los ácidos totales titulables.

- Color externo.

Los ensayos físicos y químicos realizados sobre cada fruto se resumen en la tabla 2, y se explican a continuación. En cada individuo se hicieron dos repeticiones de cada medida en caras opuestas, eligiendo como cara "a" la de la chapa (o más coloreada) y como cara "b" la opuesta a ella.

Firmeza

Para caracterizar las diferentes propiedades físicas relativas al estado reológico que presentaban las muestras, se realizaron un conjunto de ensayos que pueden ser denominados genéricamente "de firmeza".

El aparato empleado en los ensayos mecánicos fue un Texture Analyser XT2, una máquina universal de ensayos de sobremesa, dotada de un microprocesador para el análisis de textura. Está conectado a un PC y es controlable mediante el programa informático Stable Micro System XT.RA. La célula de carga admite una fuerza máxima de 245 N (resolución 0,0098 N y precisión 0,025 %), pudiendo trabajar en rango de velocidad entre 0,1 mm/s y 10 mm/s (precisión 0,1%). El interfaz de comunicación y control está equipado con una salida analógica de fuerza y de distancia (puerto de serie RS232). El programa permite ver los datos en formato gráfico en pantalla y tratarlos mediante macros

TABLA 1. ESPECIES Y VARIEDADES ENSAYADAS

Especie vegetal	Tipos varietales
Kiwi	Hayward
Manzana	Golden, Starking, Gala, Topred, Jonagold, Fiesta, Cox, Granny
Melocotón	Nectarinas y melocotones de carne blanca y amarilla
Tomate	Marmande, Daniela, Cherry
Melón	Supermarket, Cantalupo, Honeydew, Galia

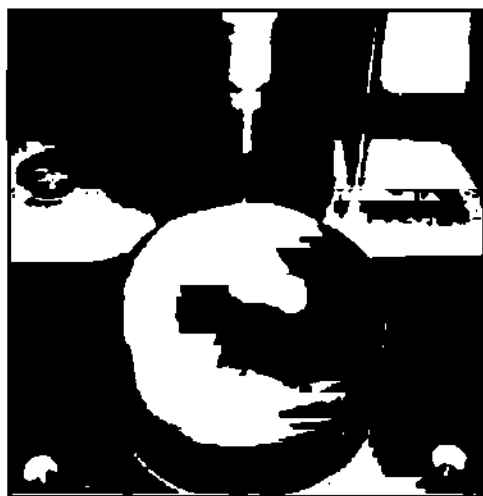
TABLA 2. ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS (medida de firmeza, color, acidez y dulzor)

	Ensayos destructivos					No-destructivos	
	Penetromía Magness-Taylor	Punción con aguja	Compresión con bola	Carga-descarga de probeta	Titulación de ácidos	Índice refractométrico	Color de la piel (reflectancia VIS %)
Manzana	2 caras			2 caras	2 caras	2 caras	2 caras
Meloc. y nectar	2 caras			2 caras	2 caras	2 caras	2 caras
Kiwi		2 caras	2 caras		2 caras	2 caras	2 caras
Melón		2 caras	2 caras			2 caras	2 caras
Tomate		2 caras			2 caras x 2 profundidades	2 caras x 2 profundidades	2 caras

automáticos para obtener los parámetros deseados.

Punción de los frutos

Realizado en tomates y en kiwis. Usando un vástago en forma de aguja (0,8 mm de diámetro y de base plana) se aplicó sobre la piel a una velocidad de 20mm/min, hasta una profundidad de 8 mm. En ese momento la compresión fue inmediatamente retirada a



la misma velocidad. Se realizó una repetición por cada lado del fruto. Se extrajeron los siguientes parámetros de las curvas experimentales obtenidas: fuerza máxima (N), deformación máxima (mm), ratio fuerza / deformación (N/mm) en el punto de fuerza máxima, área bajo la curva (mm²). Este ensayo está relacionado con la resistencia de la piel (firmeza de la piel, afín a la fuerza máxima) y con la turgencia (estado de hidratación) de las células de las capas inmediatamente inferiores (afín al ratio fuerza/deformación)

Magness Taylor

Se realizó este ensayo de penetración de la pulpa en manzanas y en melocotones.



Cada fruto fue pelado localmente y presionado con una probeta cilíndrica de 8mm de diámetro y cabeza redondeada. Se hicieron dos medidas por fruto, una en cada cara. La velocidad de penetración fue de 20mm/min y se detuvo al llegar a 8 mm de deformación, revirtiendo el sentido de la marcha. Los parámetros extraídos de este ensayo fueron: fuerza máxima (N), deformación máxima (mm), y ratio fuerza / deformación (N/mm). Es un ensayo estándar de firmeza de la pulpa muy indicado en frutos muy firmes, próximos al punto de recolección. En frutos más blandos, la "firmeza Magness-Taylor" (fuerza máxima en este test) presenta problemas de repetibilidad, y es más aconsejable emplear el módulo de defor-

mabilidad o "dureza", dada por el ratio fuerza/deformación.

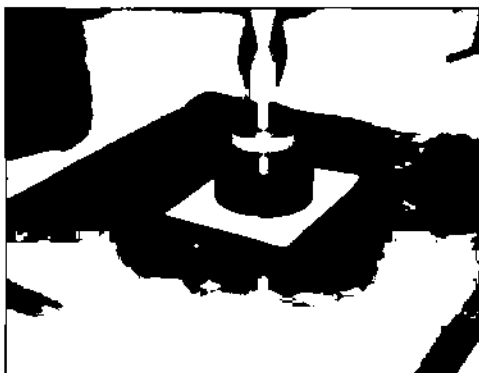
Compresión cuasi estática con esfera

Realizada en kiwis y en melones, se comprimió cada fruto sobre su piel con un vástago acabado en una semiesfera de 19.5 mm de diámetro. La compresión se hizo a una velocidad de 20 mm/min parando al llegar a 3 mm de deformación. Se hicieron dos medi-



das por fruto, una en cada cara. Los parámetros usados de estas curvas fueron: fuerza máxima (N), deformación máxima (mm), ratio fuerza / deformación y área bajo la curva (mm²). Este ensayo se aproxima mucho a la percepción manual de la dureza de la fruta que cualquier persona realiza al apretar con sus dedos sobre la muestra

Carga-descarga en compresión sobre probeta confinada



Se llevó a cabo sobre probetas de manzana y melocotón de 14 mm de alto por 14 mm de diámetro, obtenidas mediante un sacabocados cilíndrico aplicado en sentido paralelo al eje de la fruta, perpendicularmente al plano ecuatorial, y en la zona central de mesocarpo. Las probetas se confinaban en un disco del mismo diámetro que la probeta, aplicándose una deformación máxima de 2 mm a una velocidad de 20 mm/min (DI/I=1/7). Para evitar el rozamiento con el disco, el vástago utilizado tenía 12,5 mm de diámetro. Una vez aplicada la deformación indicada, el vástago se retiraba a la misma velocidad. Se realizó una repetición por fruto y se midieron los siguientes parámetros: fuerza máxima (N), a 2mm de deformación; ratio fuerza/deformación (N/mm) en la zona elástica de la curva de compresión; grado de plasticidad, calculado como el porcentaje de deformación permanente no recuperable, sobre el total (mm), esta magnitud será em-

pleada como plasticidad (%); área de jugo (mm²) de la mancha acumulada en el papel de filtro colocado debajo de la probeta durante el ensayo de compresión. Este ensayo, algo más complejo que los anteriores, sirve tanto para obtener una medida de la dureza instrumental (N/mm) del fruto, como para estimar la jugosidad instrumental (mm²).

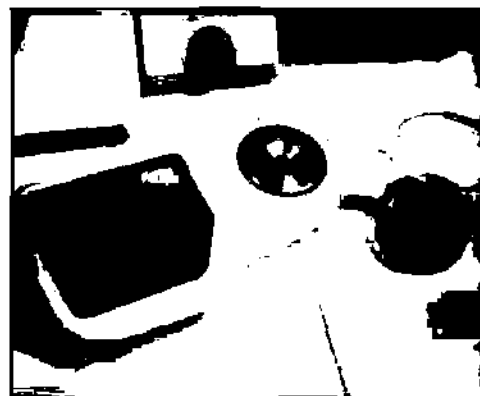
Ácidos

Para evaluar la acidez de las muestras se extrajo el zumo de los frutos mediante una licuadora, se filtró y se usó para realizar una titulación química con objeto de neutralizar la acidez total presente, mediante la adición de una solución de NaOH. Se empleó un valorador automático Titrator TR 85, y a una bureta automática T80 ambas de la marca Schott Geräte, acoplados a un pHmetro. El punto de viraje indicado era 8,2 que corresponde al de la fenolftaleína. Se calcularon los miliequivalentes por litro (meq/l) de hidróxido sódico utilizados para neutralizar 3 ml de zumo. En la mayoría de la frutas (manzana, melocotón, kiwi) se llevaron a cabo dos valoraciones de ácidos por fruto, correspondiendo a las dos caras del mismo. Sin embargo en tomates se realizaron cuatro, distinguiendo, además de cada cara, la profundidad de los tejidos. Así, se diferenciaron dos profundidades por cara, correspondiendo por un lado a los tejidos más externos (pericarpo y mesocarpo exterior) y por otro lado a los más internos (loculi, líquidos y semillas). Este ensayo de acidez no se realizó en melones. No debe confundirse la valoración química de la acidez con la determinación del pH de un fruto, pues son medidas totalmente diferentes.



Azúcares

Como indicador del contenido en azúcares de los frutos se usó el índice refractométrico (°Brix) determinado mediante el uso de un refractómetro digital Atago PR-101. Con ello se obtuvo el porcentaje de sólidos solubles presente en el zumo extraído de las



muestras, y se empleó como sinónimo del contenido en azúcares aún sabiendo el error que se comete al asumir esta equivalencia. En manzanas, melocotones y kiwis se hicieron dos medidas por fruto, mientras que en tomates se realizaron también cuatro determinaciones por fruto, que correspondieron a las mismas distinciones que se han comentado para el caso de los ácidos. En melones se midieron dos zonas por fruto, correspondientes a la cama del melón y al lado opuesto, tomando tres medidas en cada zona a tres profundidades (bajo la piel, a media distancia entre la piel y el corazón, y junto a las pepitas).

Color de la piel

En manzanas, melocotones, melones, tomates y kiwis se empleó un espectrofotómetro portátil Minolta cm-508i para registrar el espectro visible sobre la piel de los frutos. El rango de longitud de onda registrado ha sido de 400 a 700 nm, a interva-



Figura 1. Color medio, por especie y variedad

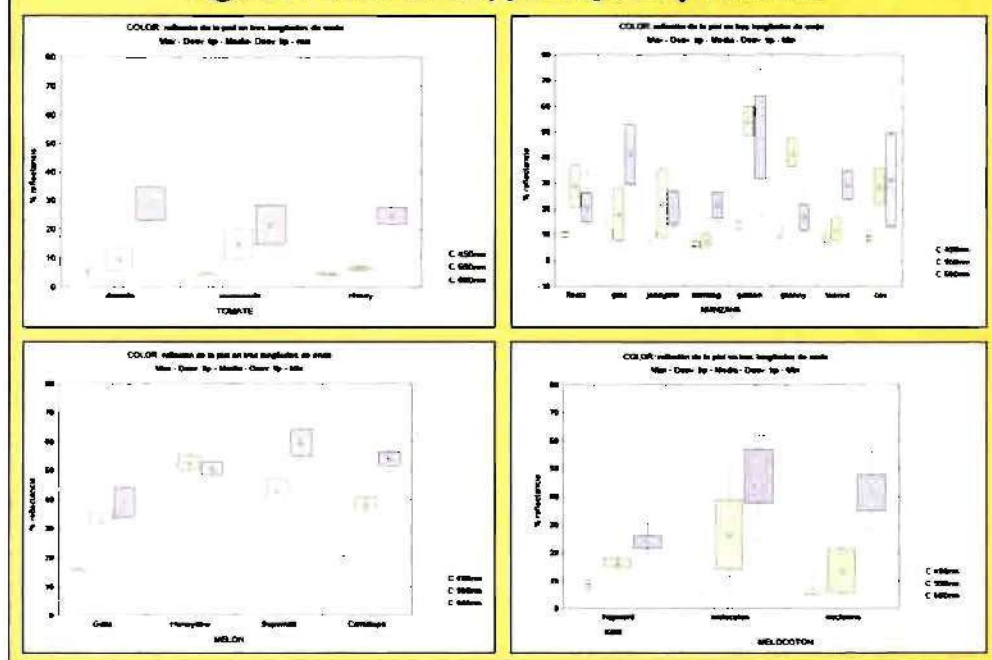


Figura 2. Acidez y azúcares medios, por especie y variedad

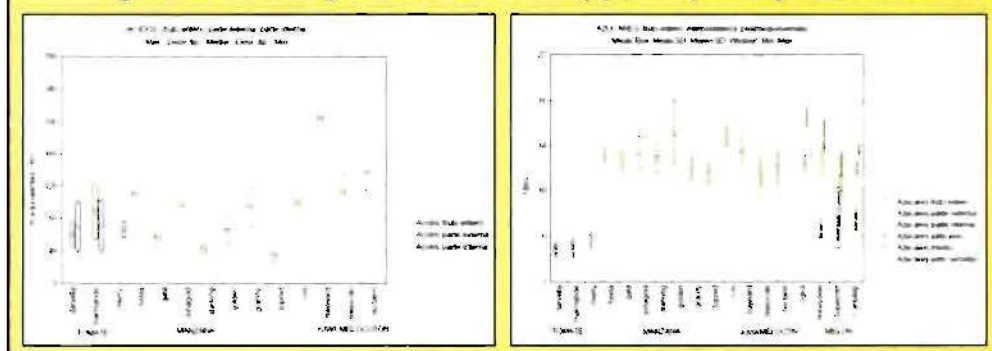
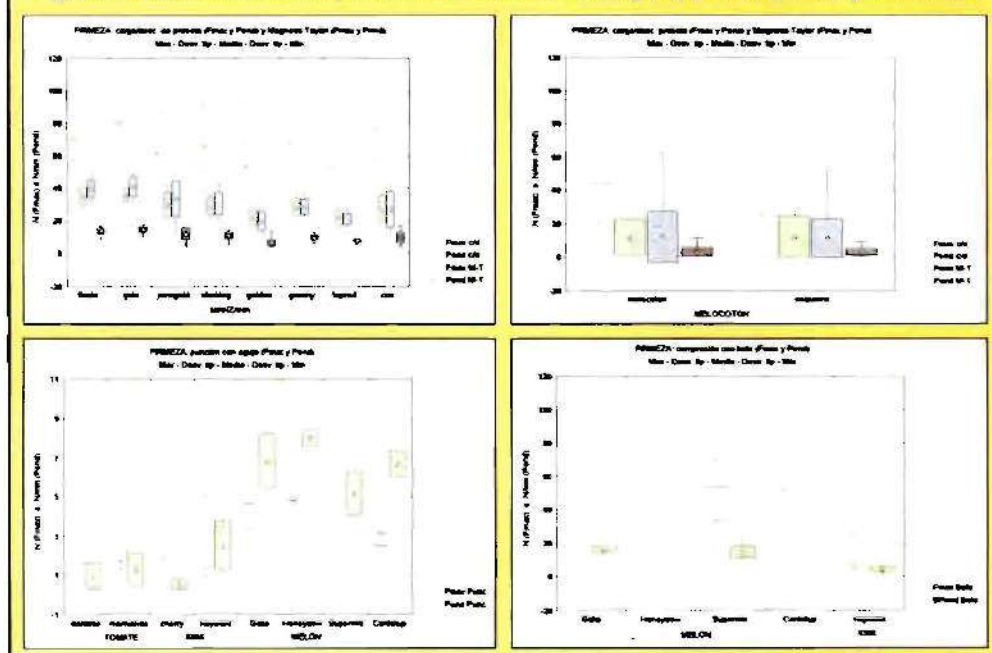


Figura 3. Firmeza media, usando distintos ensayos, por especie y variedad



los de 20 nm. La iluminación empleada fue del tipo d/8 con componente especular incluido. El rango fotométrico es de 0 a 175% de reflectancia. La fuente de luz está constituida por una lámpara xenón pulsante. El área de medida es de 11 mm de diámetro. La interfase de comunicación con el ordenador y con el programa de volcado de datos es un RS-232C normalizado. Se tomó el espectro visible de la cara más coloreada (chapa) y de la cara opuesta (dos medidas por fruto). Los valores de la curva del espectro pueden ser utilizados tal cual (tomando el valor de % de reflectancia en cada longitud de onda) o bien integrarlos mediante ecuaciones para calcular los valores "L.a.b" de caracterización estándar de color (o análogos).

En los gráficos siguientes se muestran los valores obtenidos sobre las frutas ensayadas, con lo que se caracteriza el estado medio de las muestras correspondiente a su madurez comercial. En todas ellas se representan los valores medios de cada variable, junto con los rangos "media +/- desviación típica" y "máximo/mínimo".

Para la caracterización del color (figura 1) hemos escogimos tres longitudes de onda del espectro (450nm, 550nm y 680nm) por ser claras indicadoras del contenido en pigmentos en el fruto (antocianinas, carotenos y clorofila) y se muestra el valor (%) de reflectancia óptica para fruta.

Los contenidos en ácidos (meq/l) y azúcares (°Brix) se muestran en la figura 2. Como se ha indicado antes, muestras que en manzana, melocotón y kiwi se midieron estos parámetros en el fruto entero, en tomate se hicieron dos partes por fruto (zona externa / interna) y en melón tres (zona junto a la piel / en medio / junto a las pepitas).

La medida de la firmeza fue distinta para cada fruta, como se resume en la tabla 2. En las gráficas de la figura 3, se muestran los resultados medios obtenidos con cada ensayo, incluyendo en todos los casos una variable de "fuerza máxima" (N) y otra de ratio fuerza / deformación = pendiente (N/mm).

BIBLIOGRAFIA

- Abbott, J. A. 1999. Quality measurement of fruits and vegetables. Postharvest Biology and Technology 15, no. 3: 207-25.
- Barreiro, P., y M. Ruiz-Altisent. 1996. Propiedades mecánicas y calidad de frutos. Definiciones y medidas instrumentales. Fruticultura Profesional 77: 48-55.
- Skoog DA, West DM. Análisis instrumental. Mc Graw Hill ediciones. México: 1989.
- Valero, C., y M. Ruiz-Altisent. 1998. Control de calidad en la comercialización de frutas. Vida Rural 66: 50-55.